

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE DE LA DRÔME : ANALYSE ET ÉVALUATION DES PROJECTIONS CLIMATIQUES ISSUES DU PROGRAMME SCAMPEI

Félix PHILIPPE, Sylvain BIGOT et Sandra ROME

Université Joseph Fourier, LTRE UMR 5564, UJF-CNRS-IRD, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France ;
felix.philippe@e.ujf-grenoble.fr, sylvain.bigot@ujf-grenoble.fr, sandra.rome@ujf-grenoble.fr

Résumé : Les scénarii climatiques de méso-échelle ont permis une première avancée dans le cadre de la compréhension des effets du changement climatique, qui étaient jusque-là envisagés de manière globale. Les projections climatiques de fine échelle issues du programme SCAMPEI, et étudiées dans le cadre du programme GICC2-ECCLAIRA-DECLIC, constituent une nouvelle avancée significative en la matière et permettent de mieux appréhender les évolutions régionales du climat à moyen terme et d'ici la fin du siècle. L'analyse de ces scénarii soulève de nombreux enjeux pour les décideurs et gestionnaires du département de la Drôme. L'évaluation à partir d'observations issues du réseau Météo-France et, par la suite, l'analyse de séries météorologiques et nivologiques au niveau de quelques points de grille du département, permettent ici de caractériser certaines évolutions observées et attendues du climat départemental, aussi bien en termes de moyennes que d'extrêmes, et donne un aperçu de l'évolution du couvert nival en zone de montagne.

Mots-clés : Changement climatique, Drôme, prévisions, extrêmes climatiques, moyenne montagne.

Abstract: *Climate change at the Drôme region scale: analysis and evaluation of the climate projections from the SCAMPEI program.*

Mesoscale climatic scenarios provided a first step to understanding climate change impacts, which were previously considered on a global scale. The fine-scale climatic projections from the SCAMPEI project, studied in GICC2-ECCLAIRA-DECLIC program, represent a significant new advance in this field and allow a better insight into regional climate changes in the medium term and by the end of the century. Their analysis raises a lot of challenges to decision makers and managers of the department of the Drôme. Evaluation based on Météo-France observations, and then, analysis of weather and snow series at several grid-points in the department, here allow characterisation of some observed and expected changes in departmental climate, both in medium and extreme terms, and give an overview of the evolution of snow cover in mountainous areas.

Keywords: Climatic change, Drôme, previsions, climatic extremes, mountain.

Introduction

Selon le dernier rapport du GIEC (2007), le réchauffement climatique d'ores et déjà observé au cours du XX^{ème} siècle devrait se poursuivre à raison de 0,2°C par décennie d'ici à 2030, et pourrait atteindre 3,6°C à la fin du siècle selon le scénario A2 du SRES. Ces projections d'échelle globale, pour le moins équivoques, restent peu représentatives des potentielles disparités locales d'évolution du climat. Actuellement, la demande en termes de scénarii climatiques régionaux et surtout locaux est de plus en plus forte. Il en va de même en ce qui concerne la modélisation des phénomènes climatiques extrêmes, qui restent très difficiles à représenter avec les modèles de circulation générale. Dans ce cadre, plusieurs projets européens visant à élaborer des scénarii régionaux sur le moyen et long terme ont vu le jour ces dernières années. Utilisant des modèles de circulation générale à maille variable, ou encore des modèles régionaux de climat, ces projets ont permis d'élaborer des scénarii climatiques à des résolutions de quelques dizaines de kilomètres à l'échelle européenne et sur la France (Braconnot *et al.*, 2009). Le projet de recherche SCAMPEI (Scénarii Climatiques Adaptés aux zones de Montagne : Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitudes), achevé en 2011 et financé par l'Agence Nationale de la Recherche, vient apporter des éléments de réponse nouveaux, grâce notamment à l'élaboration de scénarii climatiques à la résolution fine de 8 km² sur l'ensemble du territoire français pour le moyen terme et la fin du siècle (<http://www.cnrm.meteo.fr/scampe/>).

Dans le cadre du programme national GICC (Gestion et Impacts du Changement Climatique) et du projet de recherche DECLIC (Drôme : Eau, CLimat et Impacts liés aux Changements), mené en collaboration avec le Conseil Général de la Drôme, l'analyse de ces simulations numériques du climat à l'échelle du département de la Drôme, en les comparant aux évolutions contemporaines du climat, soulève de nombreux enjeux d'adaptation pour les principaux secteurs d'activités drômois (tourisme, activité de pleine nature, foresterie et agriculture).

1. Données provenant de SCAMPEI

Dans le cadre du projet SCAMPEI, trois modèles régionalisés de climat ont été utilisés (<http://www.cnrm.meteo.fr/scampe/>) : ALADIN de Météo-France, LMDZ du Laboratoire de Météorologie Dynamique et MAR du Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement. Les simulations de temps présent sont élaborées sur la période de référence 1961-1990 définie par l'OMM. Les projections à moyen terme (2021-2050) et à long terme (2071-2100) sont ensuite réalisées selon différents scénarii de concentration de gaz à effet de serre préconisés par le GIEC : le scénario A2 (intense), B1 (modéré) et A1B (intermédiaire). Le scénario A1B est testé sur les trois modèles, avec deux simulations différentes pour le modèle LMDZ, qui correspondent à deux hypothèses de réchauffement de l'océan (LMDZ A1B-1 et LMDZ A1B-2). Les scénarii B1 et A2 du GIEC sont quant à eux testés avec le modèle ALADIN. Les séries issues des prévisions régionales sont disponibles au pas de temps journalier selon une maille de 8 km de côté sur l'ensemble du territoire français. Les séries nivologiques sont également calculées au pas de temps journalier et rendent compte de l'évolution de la hauteur de neige (en cm) et de l'équivalent en eau (soit la masse de neige par unité de surface en kg/m²) pour plusieurs altitudes, qui dépendent des zones considérées (zones 'symposium' identifiées comme étant homogènes d'un point de vue bioclimatique par Météo-France).

2. Méthode

Les séries météorologiques et nivologiques issues des simulations peuvent être regroupées par commune (chacune étant associée au point de grille le plus proche). Au niveau du département de la Drôme, 12 communes couvrant de manière homogène le territoire et disposant de séries d'observations (réseau Météo-France) plus ou moins longues sont sélectionnées pour l'analyse (figure 1). Chaque commune correspond à un point de grille différent. Les séries de température et de précipitation (liquide et solide) sont analysées dans un premier temps à l'échelle départementale, puis à une échelle plus locale. L'analyse des séries nivologiques est faite ensuite pour les trois zones les plus montagneuses de l'est du département, le Royans-Vercors, le Diois et les Baronnies. L'analyse de ces séries nivologiques est faite en parallèle avec les séries météorologiques (notamment la quantité de neige tombée au sol) correspondant aux stations de Lus-la-Croix-Haute (1059 m), Valdrôme (790 m) et Séderon (814 m), situées toutes trois en zone de montagne.

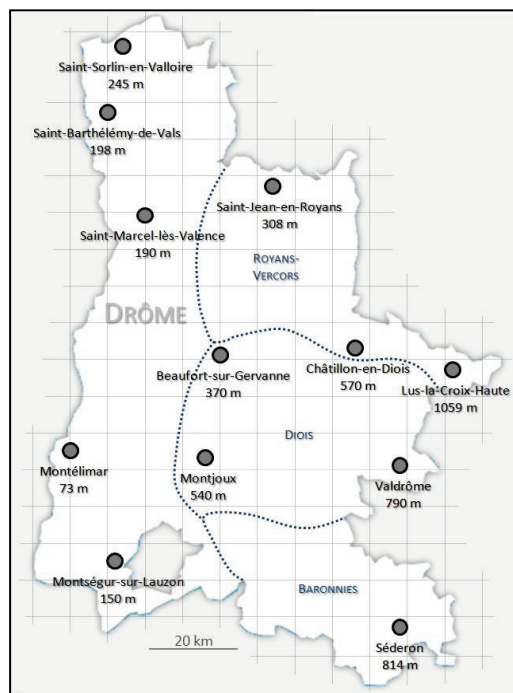


Figure 1 : Les différentes communes (stations Météo-France associées) et zones symposium. En fond, la grille de résolution 8 km².

3. Evaluation sur la période de contrôle 1961-1990

Quel que soit le modèle utilisé, les données simulées présentent certaines erreurs systématiques quant aux moyennes et reproduisent généralement assez mal les extrêmes (Météo-France, 2011). Par ailleurs, les observations issues du réseau Météo-France réalisées de manière ponctuelle au niveau des stations météorologiques de la Drôme ne sont pas directement comparables avec les simulations de temps présent pour les points de grille correspondants. La différence d'échelle et de représentativité spatiale reste importante et indispensable à prendre en compte, malgré la résolution spatiale de plus en plus fine des grilles de calcul des modèles régionaux. Aussi, les biais des simulations, s'ils sont en partie attribuables aux modèles, sont également tributaires de la difficulté de comparer directement ces résultats numériques surfaciques à des mesures ponctuelles au sol, qui plus est en zone de montagne, où la variabilité locale et topoclimatique est accrue, complexe et variable.

D'une manière générale, les trois modèles ont tendance à sous-estimer les cumuls de pluie, notamment des mois d'hiver dans les zones étudiées les plus montagneuses. Au niveau de la station de Lus-la-Croix-Haute par exemple, située à 1059 m d'altitude, le biais « sec » des mois de décembre, janvier et février atteint 55 mm en moyenne pour les trois modèles (figure non montrée). En comparaison régionale, ce biais reste correct, avec par exemple un biais deux fois plus important calculé par comparaison pour la station de Beaufort (1030 m) en Savoie. Les températures maximales sont systématiquement sous-estimées (de 2 à 2,5°C en moyenne) et, dans la majorité des cas, les valeurs minimales surestimées (de moins de 1°C).

Les biais liés à la reproduction des extrêmes sont importants à prendre en compte, notamment parce qu'ils s'écartent des conditions moyennes plus facilement modélisables. En considérant la fraction de précipitation au-dessus du 99^{ème} percentile journalier, le potentiel de simulation des modèles dépasse 60 %. Il est supérieur à 80 %, voire à 90 % selon les points de grille, au seuil du 95^{ème} percentile de précipitation. Pour les températures, la comparaison des simulations produites par les modèles avec les observations disponibles au pas de temps journalier pour les stations de Montélimar (plaine) et Valdrôme (montagne), met en évidence une meilleure reproduction des extrêmes, à la fois chauds et froids, au niveau de Montélimar. La différence est davantage marquée pour les températures les plus chaudes, le modèle MAR simulant même une température extrême de plus de 41°C au point de grille de Montélimar, qui n'a par ailleurs jamais été enregistrée sur la période 1961-1990.

Les lacunes dans les observations stationnelles ne permettent pas une évaluation exhaustive des différents paramètres météorologiques et nivologiques simulés. L'évaluation des températures et précipitations à l'échelle du département donne néanmoins un recul nécessaire pour l'analyse des projections à moyen et long terme.

4. Diagnostic de changement climatique

4.1. L'évolution prévue des températures et précipitations

D'après l'analyse des données SCAMPEI, la température moyenne annuelle de la Drôme devrait à moyen terme augmenter de 1,5 à 1,7°C par rapport à la normale 1961-1990. D'ici la fin du siècle, l'augmentation attendue devrait être de l'ordre de 2,5°C selon le scénario B1 et de près de 4,5°C selon le scénario A2 du GIEC (figure 2). C'est donc une augmentation légèrement supérieure à celle attendue à l'échelle de la France, de l'ordre de +3 à +4°C d'ici la fin du siècle selon un scénario pessimiste d'émission de gaz à effet de serre (MEEDDM, 2009), et déjà constatée sur la période 1950-2009 par Leroy *et al.* (2012), en particulier en montagne. Dans la Drôme, la hausse des températures maximales moyennes annuelles devrait être comprise entre 1,5 et 1,9°C, contre une hausse des valeurs minimales qui ne devrait pas excéder 1,5°C. La tendance devrait se confirmer sur le long terme puisque la hausse prévue

pour les températures maximales moyennes annuelles pourrait être comprise entre 2,9 et 5°C, contre 'seulement' 2,1 à 3,9°C pour les valeurs minimales. La hausse des températures estivales (JJA) devrait être plus marquée relativement aux températures hivernales (DJF). Indépendamment de la saison et du caractère minimal ou maximal des températures, la hausse des températures devrait être plus sensible à mesure que l'altitude augmente. En conséquence, le nombre de jours de gel, dont la diminution a d'ores et déjà été constatée à l'échelle des Préalpes françaises (Bigot et Rome, 2010), pourrait réduire de plus de 20 % à moyen terme, et de près de 40 % d'ici à 2100, dans les moyennes montagnes drômoises.

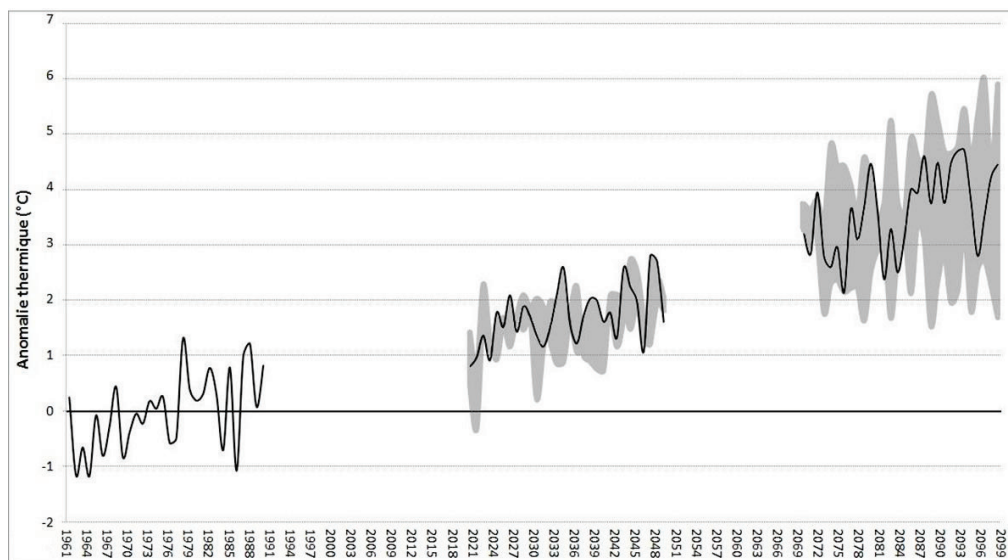


Figure 2 : Anomalies des températures moyennes annuelles calculées à partir des données SCAMPEI pour l'ensemble des points de grille de référence choisis dans la Drôme par rapport à la période 1961-1990 simulées par le modèle ALADIN. La courbe noire est représentative du scénario A1B du GIEC et l'intervalle en grisé autour de celle-ci est représentatif des différentes évolutions prévues par le scénario A2 (pessimiste) et B1 (optimiste) du GIEC.

Les simulations relatives aux précipitations rendent compte d'une augmentation du cumul annuel de 1,2 % à moyen terme et d'une diminution de plus de 6 % d'ici à la fin du siècle (tendance non significative selon le test de Mann-Kendall au seuil de 5 %). L'analyse saisonnière met en évidence une très légère baisse des précipitations estivales d'ici à 2050 ; baisse qui devrait être plus prononcée d'ici la fin du siècle avec en moyenne 26 % de cumul annuel en moins par rapport à 1961-1990. Les précipitations hivernales devraient à l'inverse augmenter, avec à moyen terme une hausse attendue de l'ordre de 19 %, et de près de 22 % d'ici à 2100. Les tendances sont similaires à celles attendues à l'échelle globale pour les régions de moyenne latitude (Prudent-Richard *et al.*, 2008). L'analyse locale au niveau de quelques points de grille (représentatifs des zones de montagne et de plaine du département), outre la baisse des cumuls estivaux, met en évidence une baisse sensible des cumuls des mois de mai, juin et octobre pour la fin du siècle, réduisant ainsi la variabilité saisonnière des précipitations.

4.2. Les extrêmes climatiques

La modification des régimes thermiques et pluviométriques pourrait à moyen terme et d'ici la fin du siècle, être à l'origine de l'accentuation en intensité et en fréquence des vagues de chaleur et des épisodes de sécheresse à l'échelle européenne (GIEC, 2007).

Les observations de température réalisées au niveau de la station de Montélimar entre 1970 et 2011 ne font pas état d'une augmentation significative de l'occurrence de journées de très

forte chaleur, durant lesquelles la température maximale atteint ou dépasse 35°C. L'année 2003 apparaît d'ailleurs bien isolée, avec presque 30 journées très chaudes enregistrées (figure 3). La tendance est plus nette pour les prévisions à moyen et surtout à long terme, période durant laquelle pourraient être enregistrées de manière fréquente 40 voire 50 journées très chaudes par an. Le nombre de jours d'occurrence de très fortes chaleurs, qui, prolongées sur une période d'au moins deux jours, sont responsables de l'occurrence de canicules (seuil de vigilance fixé à 22°C pour les températures minimales et 36°C pour les maximales par l'Institut de veille sanitaire et Météo-France pour le département), ne devrait que peu augmenter à moyen terme, avec seulement un à deux jours simulés par an en moyenne. C'est à long terme que les étés caniculaires pourraient véritablement devenir fréquents et long, avec en moyenne plus de dix jours de très forte chaleur prévus pour l'ensemble des zones de plaine, et jusqu'à 15 voire 20 jours dans l'extrême sud-est du département.

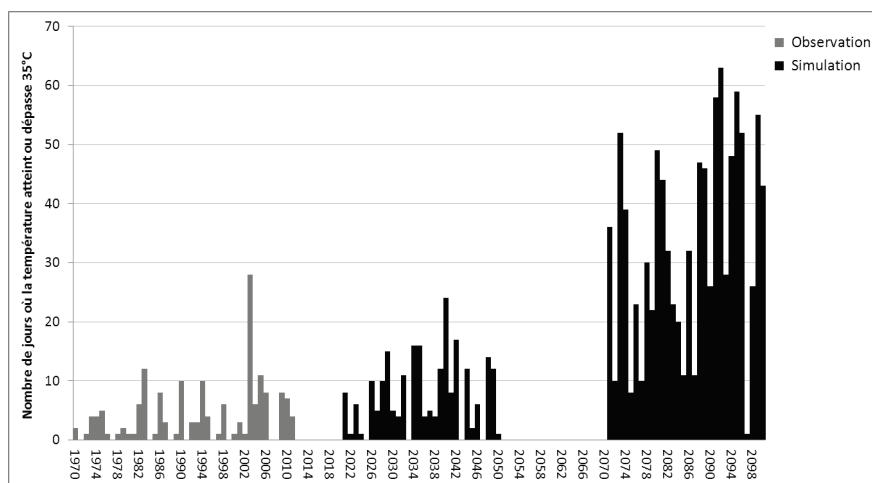


Figure 3 : Nombre de jours dans l'année avec une température maximale diurne dépassant 35°C à Montélimar, selon les observations de la station (en grisé) et selon les simulations relatives au point de grille le plus proche (en noir) d'après le scénario A1B (modèle ALADIN) et les données issues de SCAMPEI.

Ces très fortes chaleurs pourraient s'accompagner de sécheresses estivales plus fréquentes et plus longues, amplifiant l'action desséchante sur la végétation. En partie sous influence méditerranéenne, le département de la Drôme est d'ores et déjà soumis aux contraintes associées à la sécheresse estivale, et les observations stationnelles de Montélimar rendent compte d'une forte période de stress hydrique au mois de juillet-août. A moyen et long termes, même si la tendance de l'augmentation du nombre de jours secs consécutifs ne semble pas véritablement significative, la période de stress hydrique, tout en gagnant en intensité, pourrait s'étendre au-delà la période actuelle. L'extrême sud du département pourrait même être caractérisé, d'ici la fin du siècle, par un climat méditerranéen semi-aride, au sens de l'indice bioclimatique d'Emberger (Daget, 1977).

4.3. L'évolution des chutes de neige et du couvert nival

A l'échelle des Alpes, notamment dans les zones de moyenne montagne, s'observe une réduction générale du manteau neigeux, qui n'est pas tant le fait de la baisse des précipitations pluvieuses (surtout qu'une légère tendance à la hausse a été observée dans les Alpes du nord depuis 1958 ; Durand *et al.*, 2009), mais plutôt de la baisse des précipitations sous forme solide (Beniston, 2003). Les projections réalisées à l'échelle des montagnes drômoises vont dans ce sens. Le nombre de jours de neige des mois d'hiver devrait baisser de plus de 30 %, alors que le nombre de jours de pluie devrait à l'inverse augmenter. La hauteur de neige ainsi que la durée d'enneigement devraient également fortement diminuer, notamment en-dessous de

1200 m d'altitude, où la hauteur moyenne journalière de neige des mois d'hiver pourrait être inférieure à 10 cm d'ici le milieu du siècle. Le nombre de jours avec plus de 5 cm de neige au sol devrait diminuer de près de 80 % à 1200 m, dans la zone de Royans-Vercors d'ici la fin du siècle, et de près de 70 % à une altitude de 1500 m ; cette réduction conséquente devrait se retrouver au niveau des deux autres zones bioclimatiques du Diois et des Baronnies.

Conclusion

Les incertitudes quant aux évolutions du climat à plus ou moins long terme sont grandes. Celles-ci sont liées, entre autres, aux hypothèses d'évolution des émissions de gaz à effet de serre et aux simulations des modèles. Néanmoins, il est indéniable que le département drômois sera soumis à de fortes contraintes climatiques (renforcées ou bien nouvelles) au cours des prochaines décennies. Ce diagnostic soulève des enjeux à la fois économiques (remise en question des pratiques hivernales en montagne), de santé publique (liés à l'occurrence de canicules), mais aussi agricoles (choix de calendriers agronomiques et d'itinéraires techniques) et environnementaux (évolution paysagère), liés entre autre au problème de la ressource en eau et aux possibles bouleversements des équilibres phytoécologiques. Les questions sous-jacentes relatives à la mise en place d'adaptations particulières, mais aussi avant tout à l'explication de ces évolutions climatiques, suivant les sous-espaces du département et les populations, doivent dès lors être posées.

Remerciements : Les auteurs remercient le programme SCAMPEI pour la mise à disposition de toutes les données. Ils remercient également le Conseil Général de la Drôme, particulièrement Isabelle Pochelon (responsable du Service Environnement) pour tous les conseils et interactions.

Références bibliographiques

- Beniston M., 2003 : Climatic change in mountain regions : a review of possible impacts. *Climatic Change*, 59, 5-31.
- Bigot S., Rome S., 2010 : Contraintes climatiques dans les Préalpes françaises : évolution récente et conséquences potentielles futures. *EchoGéo*, n°14. URL : <http://echogeo.revues.org/12160>.
- Braconnot P., Dufresne J-L., Salas D., Terray L., 2009 : *Analyse et modélisation du changement climatique*. 2^{ème} édition du livre blanc ESCRIME, Trappes, Météo-France, 80 p.
- Daget P., 1977 : Le Bioclimat méditerranéen : Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. Département d'Ecologie Générale CNRS-CEPEL, *Vegetatio*, 34, 87-103.
- Durand Y., Laternser M., Giraud G., Etchevers P., Lesaffre B., Merindol L., 2009 : Reanalysis of 44 Yr of climate in the French Alps (1958-2002) : Methodology, model validation, climatology, and trends for air temperature and precipitation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48, 3, 429-449.
- GIEC, 2007 : *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger A., GIEC, Genève, Suisse, 103 p.
- Leroy E., Rome S., et Bigot S., 2012 : Variabilité spatio-temporelle de la température de l'air (1950-2009) dans le département de la Drôme (Région Rhône-Alpes, France). *Actes du 25^{ème} colloque de l'AIC, Climats régionaux : observation et modélisation*. Grenoble, France.
- MEEDDM, 2009 : *Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France*. Rapport de la deuxième phase, septembre 2009, DGEC-ONERC, 554 p.
- Météo-France, 2011 : *Etude du changement climatique pour le SRCAE Rhône-Alpes*. Etude réalisée par Météo-France Centre-Est, Division Développement - Etude - Climatologie pour la DREAL Rhône-Alpes, Météo-France, Direction Inter-Regionale Centre Est, 73 p.
- Prudent-Ricarh G., Gillet M., Vengeon J-M., Descotes-Genon S., 2008 : *Changement climatique dans les Alpes : Impacts et risques naturels*. Rapport technique n°1 de l'ONERC, 100 p.